

@Derwent Information

Incombustible hard foam containing phenolic and furan resins - with filler containing aluminium hydroxide, boric acid, borax, cryolite and cupric oxide

Patent Number : DE3407512

International patents classification : C04B-025/02 C04B-043/00 C08G-008/28 C08G-081/00 C08J-009/00 C08K-003/16 C08K-005/42 C08L-061/06 C08L-071/06 C09K-003/28 E04B-000/00 F16L-000/00

• Abstract :

DE3407512 C In an incombustible hard foam based on a phenolic resin and furan resin, containing filler, with ratio by wt. of resin:filler of 1:2.5-3.2, and specific wt. 50-450 kg/cubic m, the resin is obtained by reacting 50-62 pts.wt. resol resin, 0-15 pts.furan resin, 25-40 pts. furfuryl alcohol, and 0.5-1.5 pts. foam stabiliser, with 14-17 pts.wt., w.r.t. 100 pts.wt. of resin + filler, of a hardener mixture containing 40-50 pts. H₃PO₄, 12-17 pts. HBF₄, 6-7 pts. p-toluene sulphonic acid or p-phenol sulphonic acid, and 32-36 pts.water. The filler consists of 40-55 pts.wt. Al(OH)₃, 10-20 pts. H₃BO₃, 2-5 pts. Na₂B₄O₇, 7-25 pts. cryolite, and 1-3 pts. CuO, with a ratio of borate:boric acid = 1.5. USE/ADVANTAGE - The foam may be pre-formed or foamed in situ. At specific wt. up to 150 kg/cubic m, the material is a heat insulator. At wt. 200-450 kg/cubic m, it is a self-supporting building unit. Use as an incombustible building material, as pre-formed parts, e.g. plates, half shells, or pipe jackets, or for foaming in situ in cavities is claimed. In case of fire, volatile pyrolysis products are liberated at below the ignition temp. because of the low specific wt. the amt. of combustible material per unit of vol. is less, but the large number of cells gives an active inner surface, and pyrolysis products are oxidised until they are incombustible, or development of CO is largely prevented. No toxic gas is evolved (DIN 4102). Metal plates are not corroded. The material is less hygroscopic. Inclusion of furan resin allows of control of the reactivity, lengthens the rise time of the foam, and increases the strength of the cell structure. (0/0)

EP-154874 B Non-flammable rigid foam in the bases of phenolic resin and furan resin containing aluminium hydroxide and further components as filler having a weight ratio of filler resin body of at least 2.5:1 and the bulk density is from 50 kg/m³ to 450/m³, and the resin component was obtained by reacting 50 to 62 weight parts resol resin 0 to 15 weight parts furanic resin 25 to 40 weight parts furfuryl alcohol 0.5 to 5 weight parts foam stabiliser with 14 to 17 weight parts resin component and filler of a curing agent mixture comprising 40 to 50 weight parts phosphoric acid 12 to 17 weight parts boron hydrofluoric acid as well as either 5.5 to 7 weight parts p-toluene sulphonic acid and 29.5 to 35 weight parts water or 6 to 7 weight parts p-phenol sulphonic acid and 32 to 35 weight parts water characterised in that the filler consists of 40 to 55 weight parts aluminium hydroxide a portion of which may be replaced by acid activated bentonite, montmorillonite or zeolite or by magnesium or zinc aluminate of the general formula Me₁₁ A-2O₄, natural spinels ground blast furnace slag or natural perlitites, 10 to 20 weight parts boric acid 2 to 4 weight parts sodium tetraborate 7 to 25 weight parts cryolite, and 1 to 3 weight parts copper 11 oxide, where the weight ratio of borate: boric acid is 1:5. (13pp)

EP-154874 B Non-flammable rigid foam in the bases of phenolic resin and furan resin containing aluminium hydroxide and further components as filler having a weight ratio of filler resin body of at least 2.5:1 and the bulk density is from 50 kg/m³ to 450/m³, and the resin component was obtained by reacting 50 to 62 weight parts resol resin 0 to 15 weight parts furanic resin 25 to 40 weight parts furfuryl alcohol 0.5 to 5 weight parts foam stabiliser with 14 to 17 weight parts resin component and filler of a curing agent mixture comprising 40 to 50 weight parts phosphoric acid 12 to 17 weight parts boron hydrofluoric acid as well as either 5.5 to 7 weight parts p-toluene sulphonic acid and 29.5 to 35 weight parts water or 6 to 7 weight parts p-phenol sulphonic acid and 32 to 35 weight parts water characterised in that the filler consists of 40 to 55 weight parts aluminium hydroxide a portion of which may be replaced by acid activated bentonite, montmorillonite or zeolite or by magnesium or zinc aluminate of the general formula Me₁₁ A-2O₄, natural spinels ground blast furnace slag or natural perlitites, 10 to 20 weight parts boric acid 2 to 4 weight parts sodium tetraborate 7 to 25 weight parts cryolite, and 1 to 3 weight parts copper 11 oxide, where the weight ratio of borate: boric acid is 1:5. (13pp)

US4532261 A A filler system for a non-flammable foam consists of (pts. wt.) 40-50 Al(OH)₃, 10-20 H₃BO₃, 7-25 cryolite, CuO tetraborate being

The matrix of the foam is a resin obtained by reacting (pts. wt.) 50-62 resol resin, 0-15 furanic resin, 25-40 furfuryl alcohol and 0.5-1.5 foam stabiliser. The foaming mixture contains 14-17 pts. wt. curing agent per 100 pts. wt. resin and filler and is composed of (pts. wt.) 40-50 H₃PO₄, 12-17 boron hydrofluoric acid, 6-7 p-toluene- or p-phenol-sulphonic acid and 32-35 water. The weight ratio resin: filler is 1:2.5-3.2. The bulk density of the foam is 50-450 kg/m³.

The tetraborate can preferably be replaced by Zn borate, Mg(OH)₂ and/or Zn(OH)₂. A part of the Al(OH)₃ can be replaced by activate bentonite, montmorillonite or zeolite, when the filler contains 30-45 pts. wt. Al (OH)₃ and 5-15 pts. wt. of the replacing materials. The foam stabiliser is esp. pyrogenic silic acid.

USE/ADVANTAGE - As nonflammable building parts; as pre-made board, panel, half shell or pipe cladding; for injection in situ into cavities in buildings; foams with better properties than known ones are obtained. an improved filler system. (7pp)d

• Publication data :

Patent Family : DE3407512 C 19850418 DW1985-17 10p *
AP: 1984DE-3407512 19840301

US4532261 A 19850730 DW1985-33 AP:

1984US-0666802 19841031

EP-154874 A 19850918 DW1985-38 Eng AP: 1985EP-

0102023 19850223 DSR: AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

AU8539495 A 19850905 DW1985-43

JP60231742 A 19851118 DW1986-01 AP: 1985JP-0038960

19850301

ZA8501513 A 19850903 DW1986-01 AP: 1985ZA-0001513

19850228

EP-154874 B 19870812 DW1987-32 Eng DSR: AT BE CH

• Patentee & Inventor(s) :

Patent assignee : (RUEH/) RUEHL E

(RUHL/) RUHL E

Inventor(s) : RHUL E; THENNER J



DE FR GB IT LI LU NL SE

DE3560457 G 19870917 DW1987-38

Priority n° : 1984DE-3407512 19840301; 1982DE-3244779
19821203

Covered countries : 15

Publications count : 8

Cited patents : BE-763904; DE2717775; DE2825295 ,

• Accession codes :

Accession N° : 1985-100017 [17]

Sec. Acc. n° CPI : C1985-043217

• Derwent codes :

Manual code : CPI: A05-C01A A05-J
A07-A03 A08-R01 A12-R01 A12-S03
A12-S04A3 L02-J02B

Derwent Classes : A26 A60 A93 L02
Q43 Q67

• Update codes :

Basic update code :1985-17

Equiv. update code :1985-33; 1985-38;
1985-43; 1986-01; 1987-32; 1987-38



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3407512 C1

⑳ Aktenzeichen: P 34 07 512.7-43
㉑ Anmeldetag: 1. 3. 84
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 4. 85

⑤1 Int. Cl. 3:
C08L 61/06

C08 J 9/00
C08 L 71/06
C08 K 3/16
C08 K 3/20
C08 K 3/32
C08 K 3/34
C08 K 3/38
C08 K 5/42
C09 K 3/28
C04 B 25/02
C04 B 43/00 — 3

DE 3407512 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:
Rühl, Erich, 6382 Friedrichsdorf, DE

㉕ Erfinder:
Rühl, Erich, 6382 Friedrichsdorf, DE; Thenner,
Johann, 6301 Pohlheim, DE

㉖ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:
NICHTS-ERMITTELT

㉗ Verbessertes Füllstoffsystem für einen nicht brennbaren Hartschaum und seine Verwendung als Baustoff

Verbessertes Füllstoffsystem für einen nicht brennbaren
Hartschaum auf Basis von Phenolharz und Furanharz, dessen
Gewichtsverhältnis Harzkörper : Füllstoff mindestens 1 : 2,5
bis 1 : 3,2 und dessen Raumgewicht 50 kg/m³ bis 450 kg/m³
beträgt. Der Füllstoff besteht aus:

40-55 Gew.-Tl. Aluminiumhydroxid
10-20 Gew.-Tl. Borsäure
2-5 Gew.-Tl. Natriumtetraborat
7-25 Gew.-Tl. Kryolith
1-3 Gew.-Tl. Kupfer-II-oxid

wobei das Verhältnis von Borat : Borsäure 1 : 5 beträgt.

Ein Teil des Aluminiumhydroxids kann durch säureaktivierte
Bentonite, Montmorillonite oder Zeolithe ersetzt sein, so daß
30-45 Gew.-Tl. Aluminiumhydroxid mit 5-15 Gew.-Tl. Bento-
nit, Montmorillonit oder Zeolith im Füllstoffsystem enthalten
sind.

Aluminiumhydroxid kann auch teilweise durch Magnesium-
oder Zink-Aluminat der allgemeinen Formel Me^{II}Al₂O₄, natür-
lich vorkommende Spinelle, gemahlene Hochofenschlacke,
natürliche Perlite ersetzt sein, so daß
20-40 Gew.-Tl. Aluminiumhydroxid mit
10-30 Gew.-Tl. Aluminaten, Hochofenschlacke, Perlite
im Füllstoffsystem enthalten sind.

DE 3407512 C1

Patentansprüche:

1. Nicht brennbarer, Aluminiumhydroxid und weitere Komponenten als Füllstoffsystem enthaltender Hartschaum auf Basis von Phenolharz und Furanharz, dessen Gewichtsverhältnis Harzkörper : Füllstoff mindestens 1 : 2,5 bis 1 : 3,2 und das Raumgewicht 50 kg/m³ bis 450 kg/m³ beträgt, und die Harzkomponente erhalten wurde durch Umsetzen von:

50	-62	Gew.-Teile Resolharz
0	-15	Gew.-Teile Furanharz
25	-40	Gew.-Teile Furfurylalkohol
0,5	-1,5	Gew.-Teile Schaumstabilisator
mit 14	-17	Gew.-Teilen pro 100 Gew.-Teile Harzkomponente + Füllstoff einer Härtermischung aus
40	-50	Gew.-Teile Phosphorsäure
12	-17	Gew.-Teile Borfluorwasserstoffsäure
6	-7	Gew.-Teile p-Toluolsulfonsäure oder p-Phenolsulfonsäure und
32	-35	Gew.-Teile Wasser

dadurch gekennzeichnet, daß der Füllstoff aus

40	-55	Gew.-Teile Aluminiumhydroxid
10	-20	Gew.-Teile Borsäure
2	-5	Gew.-Teile Natriumtetraborat
7	-25	Gew.-Teile Kryolith
1	-3	Gew.-Teile Kupfer-II-oxid

besteht, wobei das Verhältnis von Borat : Borsäure 1 : 5 beträgt.

2. Nicht brennbarer Hartschaum nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle von Natriumtetraborat Zinkborat ($ZnO \times 2B_2O_3$), Magnesiumhydroxid oder Zinkhydroxid im Füllstoffsystem enthalten ist.

3. Nicht brennbarer Hartschaum nach Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des Aluminiumhydroxids durch säureaktivierte Bentonite, Montmorillonite oder Zeolithe ersetzt ist, so daß 30-45 Gew.-Teile Aluminiumhydroxid mit 5-15 Gew.-Teilen Bentonit, Montmorillonit oder Zeolith im Füllstoffsystem enthalten sind.

4. Nicht brennbarer Hartschaum nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des Aluminiumhydroxids durch Magnesium- oder Zink-Aluminat der allgemeinen Formel $Me^I Al_2O_4$, natürlich vorkommende Spinelle, gemahlene Hochofenschlacke, natürliche Perlite ersetzt ist, so daß

20-40 Gew.-Teile Aluminiumhydroxid mit
10-30 Gew.-Teile Aluminaten, Hochofenschlacke, Perlite

im Füllstoffsystem enthalten sind.

5. Nicht brennbarer Hartschaum nach Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Füllstoffsystem aus Aluminiumhydroxid und Bentonit, Montmorillonit, Zeolith, Aluminaten, Hochofenschlacke, Perliten, eine Siebdurchgangssummenkurve mit den Werten

25%	5,5 µm
50%	52,0 µm
75%	80,0 µm

aufweist.

6. Nicht brennbarer Hartschaum nach Ansprüchen 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß der Schaumstabilisator pyrogene Kieselsäure ist.

7. Verwendung des Hartschaumes nach Ansprüchen 1-6 als nicht brennbarer Baustoff.

8. Verwendung nach Anspruch 7 in Form vorgefertigter Teile, wie Platten, Halbschalen, Rohrummantelungen.

9. Verwendung nach Anspruch 7 zum Ausschäumen von Hohlräumen im Bauwesen vor Ort.

In DE-OS 32 44 779 ist ein nicht brennbarer Hartschaum auf Basis von Phenolharz und Furanharz beschrieben, der ein Füllstoffsystem aus Aluminiumhydroxid und weiteren Komponenten enthält.

Die Erfindung richtet sich auf ein noch weiter verbessertes Füllstoffsystem durch Kombination von Aluminiumhydroxid mit weiteren Komponenten.

Der Hartschaum weist ein Raumgewicht von 50 kg/m³ bis 450 kg/m³ auf und genügt den Erfordernissen nach DIN 4102 und DIN 54 436, so daß er als nicht brennbarer Baustoff verwendet werden kann.

Phenolharzschaumstoffe werden bereits in Rohdichten von 400 bis 100 kg/m³ hergestellt. Wegen ihrer relativ hohen Geschlossenheit von etwa 75% werden diese im Bauwesen hauptsächlich als Wärmedämmstoff verwendet. Bei diesen duropoplastischen Schaumstoffen erfolgt wegen ihrer dreidimensionalen Vernetzung im

Brandfälle vornehmlich verstärkte Verkohlung. Die entstehende Kohlenstoffschicht schützt den darunterliegenden Schaum vor weiterem Flammenangriff und ferner bewirkt diese Kohlenstoffschicht im Falle einer Zündung von Pyrolysegasen ein Erlöschen der Flamme.

Das Brennverhalten ist ein Vorgang, der sich an der Oberfläche des Schaumstoffes abspielt, d. h. das Ausmaß des Brennens wird durch die zur Verfügung stehende Oberfläche bestimmt, die bei Schaumstoffen mit Raumgewichten bis zu 40 kg/m^3 herab sehr groß ist. Dies hat zur Folge, daß das brennbare Material im gesamten Flammen- und Strahlungsbereich beinahe vollständig pyrolysiert wird. Fördernd wirkt sich hier noch eine gewisse Geschlossenheit und die damit verbundene geringe Wärmeleitfähigkeit aus, die zu einem Wärmestau führt. Dies unterstützt zusätzlich die Pyrolyse und den Brennvorgang.

Eine Wärmebeständigkeit bei Phenolharzschaumen besteht bis etwa 130°C , möglich ist eine kurzzeitige Belastung bis 250°C . Die Emission flüchtiger Gase beginnt bei 270°C , welche bei offener Flamme kurzzeitig brennen. Ab 400°C ist nur noch ein Glimmen zu beobachten, welches durch Oxidationsvorgänge an der Oberfläche der festen Kohlenstoffharze verursacht wird. Ein Zusatz von Borsäure zum Phenolharz wirkt als Flammenschutzmittel. Da jedoch Borsäure als langsam wirkende Härter die Standzeit des Phenolharzes auf 24 Stunden beschränkt, führt der Zusatz von Borsäure als Flammenschutzmittel zu Phenolharzmischungen zu Verarbeitungsschwierigkeiten, insbesondere ist die Zugabe nur unmittelbar vor der Verarbeitung möglich.

J. Troitsch weist in Kunststoffe 69/9; Seite 558-561 (1979) darauf hin, daß es nur wenige anorganische Verbindungen gibt, die sich als Flammenschutzmittel für den Einsatz in Kunststoffen eignen. Aluminiumhydroxid und borhaltige Verbindungen werden für diesen Zweck eingesetzt, weil sie sich in Kunststoffe einarbeiten lassen.

J. Greber und D. J. Braun beschreiben in Plastverarbeiter 33/1; Seite 43-46 (1982), daß Aluminiumhydroxid als ein flammenhemmender Füllstoff für ungesättigte Polyesterharze verwendet werden kann. Um Bauteile herzustellen, die bei der Brandprüfung nach DIN 4102 zur Einstufung in die Klasse B 1 (schwer entflammbar) führen, sind Füllstoffgehalte von mehr als 55 Gew.-% erforderlich. Bei den notwendigen hohen Füllgraden stellen sich jedoch erhebliche Verarbeitungsprobleme ein, die nur teilweise durch Verwendung von speziellen Aluminiumhydroxiden überwunden werden können. Da das Brandverhalten von Materialien nicht nur durch den Anteil von Flammenschutzmittel in der Mischung, sondern auch vom konstruktiven Aufbau der Prüfkörper bestimmt wird, ist die Ausrüstung von ungesättigten Polyesterharzen mit Aluminiumhydroxid als Flammenschutzmittel problematischer als der Brandschutz mit üblichen Halogen-Antimon-Systemen.

Aus DE-OS 28 25 295 ist ein nicht brennbarer Werkstoff, der keine toxischen Rauchgase entwickelt, auf Basis von Phenolharzen und Furfurylalkohol bekannt. Der Werkstoff enthält als anorganischen Füllstoff 62-66 Gew.-% Aluminiumoxid oder Aluminiumhydroxid und kann zusätzlich noch bis zu 3 Gew.-% feinteilige Kieselsäure und weitere andere Bestandteile enthalten. Durch Zusatz von Treibmitteln läßt sich ein geschlossenerporiger Hartschaum mit einem Raumgewicht von 500 g/l herstellen.

Der Werkstoff weist jedoch eine Reihe von Nachteilen auf.

Wegen der Anwendung von organischen Sulfonsäuren als Einzelkomponente im Härterssystem ist das ausgehärtete Fertigprodukt hygroskopisch und damit auch durch eine verlängerte Reifezeit gekennzeichnet.

Es wurde festgestellt, daß wegen der hohen Dichte die Reifezeit bis zur endgültigen Festigkeit einige Wochen beträgt. Überdies ist dieser Werkstoff gegenüber metallischen Oberflächen stark korrodierend.

Infolge der hohen Viskosität des Reaktionsgemisches bildet sich beim Schäumen ein weitgehend inhomogenes Schaumgefüge aus.

Überdies ist bei Brandbelastung der Anteil von Schwefeldioxid im Rauch- bzw. Schweißgas noch sehr hoch.

Der in DE-OS 32 44 779 beschriebene Hartschaum weist ein Raumgewicht unter 500 kg/m^3 auf und gibt bei Brandbelastung keine toxischen oder korrosiven Gase ab. Seine mechanischen und isolierenden Eigenschaften ermöglichen die Verwendung im Baubereich, denn sie genügen den Anforderungen Klasse A 2 (nicht brennbar) bei der Brandprüfung nach DIN 4102.

Aufgabe der Erfindung ist die weitere Verbesserung der Eigenschaften, insbesondere des Füllstoffsystems des Hartschaumes gemäß DE-OS 32 44 779.

Diese Aufgabe wird gelöst durch den nicht brennbaren Hartschaum gemäß den Patentansprüchen.

Das erfindungsgemäße Füllstoffsystem für den Hartschaum besteht aus:

- 40-55 Gew.-Telle Aluminiumhydroxid
- 10-20 Gew.-Telle Borsäure
- 2- 5 Gew.-Telle Natriumtetraborat
- 7-25 Gew.-Telle Kryolith
- 1- 3 Gew.-Telle Kupfer-II-oxid

wobei das Verhältnis Borat : Borsäure 1 : 5 beträgt.

Der, Aluminiumhydroxid und weitere Komponenten als Füllstoffsystem enthaltende Hartschaum besteht aus einer Harzkomponente und einer Füllstoffmischung, wobei das Gewichtsverhältnis Harzkörper : Füllstoff mindestens 1 : 2,5 und das Raumgewicht 50 kg/m^3 bis 450 kg/m^3 beträgt.

Die Harzkomponente wird erhalten durch Umsetzung von 50-62 Gewichtsteilen Resolharz, 0-15 Gewichtsteilen Furanharz, 25-40 Gewichtsteilen Furfurylalkohol, 0,5-5 Gewichtsteilen Schaumstabilisator zusammen mit dem Füllstoff mit 14-17 Gewichtsteilen pro 100 Gewichtsteile Harzkomponente plus Füllstoff, einer Härtermischung aus 40-50 Gewichtsteilen Phosphorsäure, 12-17 Gewichtsteilen Borfluorwasserstoffsäure, 6-7 Gewichtsteilen p-Toluolsulfonsäure und 32-35 Gewichtsteilen Wasser.

Für die Harzkomponente wird ein Resolharz, d. h. ein Vorkondensat aus Phenol und Formaldehyd mit einem mittleren Molekulargewicht von 500 und ein Vorkondensat aus Furfurylalkohol und Furfurylaldehyd zusammen

mit weiteren Furfurylalkohol mit einem Härtergemisch zur Umsetzung gebracht. In einer exothermen Reaktion setzt der Härteprozeß nach einer einstellbaren Startzeit ein. Die entwickelte Wärmemenge ist ausreichend, um ein Treibmittel, z. B. Fluorkohlenwasserstoffe, so weit zu verdampfen, daß das gewünschte Schaumgefüge entsteht. Das Treibmittel kann der Harzkomponente zugesetzt sein, wenn es sich um eine feststehende Formulierung für ein konstantes Raumgewicht handelt oder wird als zusätzliche Komponente unmittelbar beim Mischen der Harzvorprodukte und der Härtermischung zugefügt.

Durch den Zusatz geeigneter Füllstoffe werden im Brandfalle die flüchtigen Pyrolyseprodukte bereits unterhalb der Entzündungstemperatur in Freiheit gesetzt. Dabei hat sich ein Verhältnis Harzkörper zu anorganischem Füllstoff von 1 : 2,5 bis 1 : 3,2 als zweckmäßig erwiesen, um die Unbrennbarkeit nach DIN 4102 zu erreichen.

Die bei Brandbelastung freiwerdenden Pyrolyse-Produkte können durch verschiedene Kombinationen der Füllstoffe für das weitere Brandgeschehen unschädlich gemacht werden.

Wegen des geringeren Raumgewichts eines Schaumstoffes gegenüber einem kompakten Körper wird pro Volumen weniger brennbare Substanz angeboten. Demgegenüber ist jedoch ein von der Oberfläche mehr in die Tiefe des Schaumkörpers reichender Bereich dem Brand ausgesetzt durch die Oberflächenvergrößerung infolge der vielen Zellen des Schaumstoffes. Diese Vergrößerung der aktiven inneren Oberfläche kann jedoch benutzt werden, um die bei Brandbelastung auftretenden Pyrolyse-Produkte so weit zu oxidieren, daß sie entweder nicht mehr brennbar sind oder die Kohlenmonoxidbildung weitgehend verhindert ist.

Der Hauptanteil des anorganischen Füllstoffgemisches ist ein Aluminiumhydroxid im Gemisch mit Kryolith, wobei gegebenenfalls ein weiterer Anteil an Aluminiumhydroxid durch Bentonit, Montmorillonit, Zeolith, Magnesium- oder Zink-Aluminat der Formel $M^{II}_2Al_2O_3$, natürlich vorkommende Spinelle, gemahlene Hochofenschlacke oder natürliche Perlite ersetzt sein kann.

Das Füllstoffgemisch aus $Al(OH)_3$, Kryolith und den gegebenenfalls weiteren genannten Bestandteilen weist vorzugsweise eine bestimmte Korngrößenverteilung auf, weil bei unterschiedlich großer aktiver Oberfläche dieses Füllstoffes eine nicht ausreichende Benetzung durch das Harz erfolgen kann, so daß der Zusammenhalt im ausgehärteten Zustand mangelhaft wird. Schließlich kann die Viskosität des Gemisches aus Harzkomponente und Füllstoff für die Verarbeitung zu hoch werden.

Das am besten geeignete Füllstoffsystem weist eine Siebdurchgangssummenkurve mit den Werten

25%	5,5 μm
50%	52,0 μm
75%	80,0 μm

auf. Andere Verteilungszusammensetzungen können ebenfalls verwendet werden, sofern die Teilchen eine geeignete Teilchenform aufweisen, beispielsweise vorzugsweise kugelförmig sind.

Die Wirksamkeit des Aluminiumhydroxids in Kombination mit Kryolith als Flammenschutzmittel beruht neben einer Verdünnung des Systems auf einem rein physikalischen Effekt. In einem endothermen Prozeß wird bei Brandbelastung Wasser angespalten und es erfolgt eine Verdünnung der brennbaren Pyrolyse-Produkte und gleichzeitig auch Kühlung unter Verringerung des Wärmeüberganges in tiefergelegene Schaumbereiche.

Neben der Wasserabspaltung mit seinen physikalischen Effekten bildet sich hier noch eine thermodynamische Folgewirkung aus:

Das im nachfolgenden Beispiel 2 aufgeführte Füllstoffsystem mit Aluminiumhydroxid, Borsäure, Natriumtetraborat und Kryolith entzieht pro 100 g Harzkomponente der zugeführten Wärmemenge bei Brandbelastung insgesamt etwa 63 K Joule Verdampfungs- und Schmelzenthalpie, worin die Schmelzenthalpie-Anteile von Kryolith und Borsäureanhydrid etwa 22,1% betragen.

Besonders wichtig hierbei ist der Umstand, daß diese Schmelzenthalpie-Anteile erst in wesentlich höheren Temperaturbereichen entnommen werden, als die Verdampfungsenthalpien.

Überdies erfolgt an den Grenzflächen zwischen Kryolith-, Natriumtetraborat- und Borsäureanhydrid-Teilchen infolge Schmelzpunktniedrigungen ein gewisser Sintereffekt. Dabei bleibt ein Skelett der ursprünglichen Schaumstruktur erhalten.

Teilweiser Austausch von Aluminiumhydroxid durch:

säureaktivierte, natürlich vorkommende Bentonite (Bleicherden), Montmorillonite, Zeolithe.

Diese Füllstoffkomponenten können auch synthetisch mittels Mischgefällung, Trocknung und anschließende Mahlung hergestellt werden.

Das gemahlene Produkt soll eine Siebdurchgangssummenkurve mit den Werten

25%	5,5 μm
50%	52,0 μm
75%	80,0 μm

aufweisen.

Vor der Verwendung können diese Stoffe zusätzlich noch mit Wasserdampf beladen werden.

Diese Wasserdampfbeladung liegt erfahrungsgemäß bis zu etwa 20 Gew.-% der eingesetzten Füllstoffkomponente. Zu hohe Beladung würde zu einer Plastifizierung, z. B. des Bentonits, führen.

Die Wassereinlagerung zwischen den Schichtgitterebenen der angeführten Substanzen ergibt eine zusätzliche Wasserdampfsperre bei hoher Wärmeeinwirkung auf den Hartschaum. Des weiteren werden Dilatanzerscheinungen im Viskositätsverhalten der A-Komponente vermieden.

Beispiel für den Austausch: Füllstoffsystem wie folgend:

- 30-50 Gew.-Teile Aluminiumhydroxid
- 5-15 Gew.-Teile Bentonit, Montmorillonit oder Zeolith
- 10-20 Gew.-Teile Borsäure
- 2- 4 Gew.-Teile Natriumtetraborat
- 7-25 Gew.-Teile Kryolith
- 1- 3 Gew.-Teile Kupferoxid

Teilweiser Austausch von Aluminiumhydroxid durch:

Aluminate der allgemeinen Formel $Me^II Al_2O_3$, wobei als Metall Magnesium oder Zink einzusetzen ist. Auch natürlich vorkommende Spinelle sind verwendbar.

Hochfenschlacke, gemahlen, vornehmlich als Calcium-Aluminiumsilicate, natürlich vorkommende Perlite (gemahlen), (Liporit bzw. Quarzporphyrgläser), nicht expandiert, so daß die vorhandenen mikrofeinen Wasser-, einschlüsse erhalten bleiben.

Die mikrofeinen Wassereinschlüsse werden bei einem höheren Temperaturbereich als bei Aluminiumhydroxid zur Wasserdampfsperre aktiviert.

Die Siebsummenkurve dieser gemahlenen Substanzen soll ähnliche Werte wie bei Betonit angeführt haben.

Zum Beispiel: Füllstoffsystem wie folgt

- 20-40 Gew.-Teile Aluminiumhydroxid
- 10-30 Gew.-Teile Aluminate, Hochfenschlacke, Perlite
- 10-20 Gew.-Teile Borsäure
- 2- 5 Gew.-Teile Natriumtetraborat
- 7-25 Gew.-Teile Kryolith
- 1- 3 Gew.-Teile Kupferoxid

Ersatz von Natriumtetraborat durch:

- | | |
|-------------------|--------------------------|
| Zinkborat | $3 Na_2O \cdot 2 B_2O_3$ |
| Magnesiumhydroxid | $Mg(OH)_2$ |
| Zinkhydroxid | $Zn(OH)_2$ |

wobei das Mengenverhältnis Borsäure zu einer dieser Substanzen 5 : 1 beträgt.

Dieser Austausch von Natriumtetraborat durch oben angeführte Füllerkomponenten bewirkt ähnlich wie Tetraborat eine Pufferwirkung. Bei Zinkborat erhöht der Zink-Boranteil die katalytischen Wirkungen beim Carbonisierungs- und Schmelzprozeß.

Zum Beispiel: Füllstoffsystem wie folgt

- 40-50 Gew.-Teile Tonerdehydrat
- 10-20 Gew.-Teile Borsäure
- 2- 4 Gew.-Teile Zinkborat, Magnesiumhydroxid oder Zinkoxid
- 7-25 Gew.-Teile Kryolith
- 1- 3 Gew.-Teile Kupferoxid

Die Verwendung von Borverbindungen im Füllstoffsystem hat den Vorteil, daß bei Brandbelastung zunächst eine stufenweise Abgabe von Wasser im Rahmen einer endothermen Reaktion unter Bildung von Borsäureanhydrid erfolgt. Das Harzporenskelett wird von einem glasartigen Überzug geschützt, weil Borsäureanhydrid bei etwa 350° C erweicht und ab 500° C zu fließen beginnt. Schließlich erfolgt durch säurekatalysierte Wasserentfernung aus der organischen Substanz eine Dehydratisierung, die zu einer verstärkten Verkohlung (Carbonisierung) der Harzkomponente führt.

Durch den Zusatz von Kupferoxid als Oxidationsmittel zum Füllstoff wird erreicht, daß funktionelle Gruppen der Harze während des gesamten ablaufenden Härteprozesses oxidativ umgewandelt werden, wobei Zyklisierung und Kondensation zu kohlenstoffreicheren Produkten führen. Diese begünstigen im Brandbelastungsfall die Carbonisierung und schützen dann die unterhalb der eigentlichen Flammenzone befindliche Harzphase. Überdies wird bereits gebildetes Kohlenmonoxid in der unter der Carbonisierungszone liegenden geschlossenzelligen Schaumstruktur zu Kohlendioxid oxidiert (Erniedrigung der Toxizität).

Der erfindungsgemäße Zusatz weiterer anorganischer Zusätze zum Füllstoffsystem wie Magnesiumhydroxide oder wasserhaltige Aluminiumsilicate, z. B. Bentonit, hat den Zweck, daß sich diese Komponenten entweder mit den anorganischen Härterkomponenten umsetzen oder zugesetztes bzw. bei der Kondensation gebildetes Wasser zu binden.

Die Härtermischung besteht hauptsächlich aus anorganischen Säuren mit einem geringen Anteil an p-Toluolsulfonsäure oder p-Phenolsulfonsäure. Die alleinige Verwendung organischer Sulfonsäuren ist nachteilhaft, da im Falle einer Brandbelastung oder bei Einwirkung von Schmelztemperaturen (300-500° C) gebildetes Schwefeldioxid im Schmelzglas-Gleichgewicht eine vermehrte Bildung von Kohlenmonoxid ergibt.

Im Hinblick auf einen zeitlich günstigen Reaktionsbeginn (Startzeit, Steigzeit des Schaumes) und einer möglichst geringen Zusatzmenge an Härter haben sich folgende Säurekombinationen als Härter als besonders

geeignet erwiesen:

	100%ige Phosphorsäure	100%ige Borfluorwasserstoffsäure	100%ige p-Toluolsulfosäure oder p-Phenolsulfosäure,	Wasser
	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%	Gew.-%
5	41,5	17	6,9	34,6
10	45,9	14,3	6,6	33,2
	49,0	12,2	6,6	32,2

Die Verwendung der Phosphorsäure im Härtekatalysator hat neben der Wasserstoffionen abgebenden Funktion nach folgende Wirkung:

- 15 Bei Brandbelastung ist die Phosphorsäure bei den in der Harzphase ablaufenden Reaktionen in ähnlicher Weise wie Borsäure wirksam. Es entsteht polymere Phosphorsäure, welche eine Pyrolyse durch Ausbildung eines glasigen Überzuges über die bereits gebildete kohlehaltige Porenstruktur hemmt. Diese Abdämmung gegen den Angriff von Sauerstoff und Wärmestrahlung ist hochtemperaturfest. Durch Entstehung stark reduzierend wirkender Phosphide wird die Bildung von CO und CO₂ zugunsten einer Kohlenstoffbildung gebremst. Auch 20 das sogenannte Nachglimmen, hervorgerufen durch Oxidation des Kohlenstoffs zu CO und CO₂ ist eingeschränkt.

Auch die verwendete Borfluorwasserstoffsäure bewirkt noch eine Verbesserung der Nichtbrennbarkeit des Schaumstoffes. Mit den Füllstoffen gebildete Fluorborate werden durch Abgabe von Bortrifluorid in der Gasphase im Brandfalle wirksam.

- 25 Das Hartschaumsystem ist ein Zweikomponentensystem aus Harzkomponente und Füllstoff (Komponente A) und Härter (Komponente B), wobei das Treibmittel entweder der Komponente A zugemischt sein kann oder als Komponente C unmittelbar vor der Verarbeitung eingebracht wird.

- Als Treibmittel eignen sich vor allem niedere Chlorfluorkohlenwasserstoffe, wie z. B. Trifluormonochlormethan oder Trichlortrifluorethan, sowie n-Pentan, alle mit einem Siedepunkt im Bereich von etwa 24° C bis 30 48° C. Bei Austausch eines Treibmittels (Trichlortrifluorethan) gegen ein anderes der oben angeführten ist die angesetzte Menge durch einen Faktor zu dividieren:
Tausch von Trichlortrifluorethan (F = 1)

- 35 gegen n-Pentan F = 2,6
gegen Trifluormonochlormethan F = 1,8

So kann ein fest eingestelltes Raumgewicht bei Austausch gegen ein anderes Treibmittel beibehalten werden. Erfahrungsgemäß ist das brennbare n-Pentan ohne Effekt auf die Unbrennbarkeit des Schaumstoffes.

- 40 Eine weitere Möglichkeit, einen Treibeffekt zu erzielen, besteht durch Eindüsen von Preßluft in die Vormischkammer des Intensivmischers beim Verarbeiten der Komponenten. Diese sogenannte »Nuklearisierungsluft« fördert infolge Keimbildung den Treibprozeß bei Gegenwart von Treibmitteln; sie kann aber auch schon ohne diese eine Schaumstruktur bewirken.

- Der Hartschaum stellt somit ein komplexes Reaktionsgemisch dar, innerhalb dessen bereits nach dem Vermischen der Komponenten A und B noch zusätzlich brandverhütende Bestandteile gebildet werden. Ferner laufen 45 im Falle einer Brandbelastung schrittweise mit steigender Temperatur weitere Reaktionen ab, die ebenfalls einer Zündung des Schaumstoffes entgegenwirken.

- Der Hartschaum stellt aufgrund seiner mechanischen Festigkeit einen nicht brennbaren Baustoff dar, der als vorgefertigtes Teil oder zum Ausschäumen an Ort und Stelle verwendet werden kann. Die erfindungsgemäße Zusammensetzung erlaubt es, Raumgewichte zwischen 50 kg/m³ und 450 kg/m³ einzustellen. Bei Raumgewichten 50 bis zu 150 kg/m³ entsteht ein nicht brennbarer Hartschaum mit sehr guten wärmedämmenden Eigenschaften. Raumgewichte zwischen 200 und 450 kg/m³ ergeben selbsttragende Bauteile. Vorzugsweise wird deshalb 50 das Raumgewicht des erfindungsgemäßen Schaums im Bereich von 70 kg/m³ bis 300 kg/m³ eingestellt. Wenn eine besonders hohe Feuerwiderstandsklasse erwünscht ist, bei gleichzeitig erhöhter mechanischer Beständigkeit haben sich Raumgewichte zwischen 150 kg/m³ und 250 kg/m³ als besonders geeignet erwiesen.

- 55 Der Hartschaum füllt bei üblichen konstruktiven Gestaltungen die Erfordernisse der Klasse A 2 bei der Brandbeständigkeitsprüfung im Brandschacht nach DIN 4102. Im Brandfalle entstehen im Sinne dieser DIN-Vorschrift keine toxischen Gase.

Die Härterzusammensetzung führt zu einem so geringen Restsäuregehalt, daß bei Verbindung des Schaumes mit metallischen Dämmplatten keinerlei Korrosionserscheinungen auftreten.

- 60 Ebenso ist bei dem erfindungsgemäßen Hartschaumsystem die bei ähnlichen Systemen vorhandene Hygroskopizität stark verringert.

Der Einsatz von vorkondensiertem Furanharz in der Harzkomponente ermöglicht eine bessere Regulierung der Reaktivität und verlängert die Steigzeit des Schaumes. Außerdem wird die Festigkeit der Zellstruktur verbessert.

- 65 Verwendet man anstelle üblicher Schaumstabilisatoren pyrogene Kieselsäure als tyxotropisierenden Zusatz, läßt sich die Porenstruktur besonders gut regulieren.

Der Vorteil des Zusatzes von Kupferoxid als Oxidationsmittel liegt, wie bereits angegeben, darin, daß während der Härtungsphase Umsetzungen mit den funktionellen Endgruppen der Harzkomponenten stattfinden.

Dies führt im Brandfalle zur Verringerung des gebildeten Kohlenmonoxids in der geschlossenzelligen Porenstruktur und damit zu einer Verringerung der Toxizität der Brandgase.

Der Zusatz von Magnesiumhydroxysilikat und Aluminiumsilikaten ermöglicht Reaktionen mit den Anionen des Härtersystems, so daß diese abgebunden werden.

Phosphorsäure und Borfluorwasserstoffsäure des Härtersystems dienen als H-Ionendonator zur Kondensation des Harzsystems. Die gebildeten Phosphate wirken gleichzeitig als weiteres Flammenschutzmittel.

Für den Einsatz wird das System als Zweikomponentensystem hergestellt. Die Komponente A enthält die Harzkomponente und den Füllstoff, die Komponente B den Härter. Wie bereits angegeben, kann das Treibmittel zur Komponente A zugemischt werden oder als weitere Komponente C beim Mischen der Komponenten A und B eingebracht werden.

Eine bevorzugte Zusammensetzung der Harzkomponente besteht aus einem Gemisch von

56,6 Gew.-% Resolhar
29,9 Gew.-% Furfurylalkohol
12,6 Gew.-% Furanharz
0,9 Gew.-% Schaumstabilisator.

Ist in Fällen bestimmter Füllstoffgemische der Reaktionsbeginn nach Härterzumischung verzögert, so daß eine erhöhte Reaktivität der Harzkomponente erwünscht ist, hat sich folgende Zusammensetzung als besonders geeignet erwiesen:

60,3 Gew.-% Resolharz
38,8 Gew.-% Furfurylalkohol
0,9 Gew.-% Schaumstabilisator.

Der Verwendungsbereich des Hartschaumes ist sehr breit, insbesondere eignet er sich als nicht brennbarer Baustoff. Dabei können vorgefertigte Teile hergestellt werden, wie Platten, Halbschalen, Rohrummantlungen. Es können auch kontinuierlich mit kaschlierten Folien oder Blechen versehene Schaumplatten auf sogenannten Zweibandmaschinen hergestellt werden. Das Zweikomponentensystem kann jedoch auch zum Ausschäumen von Hohlräumen vor Ort, wie sie beispielsweise bei Installations- oder Klimatisierungsschächten erwünscht ist, eingesetzt werden.

Vorgefertigte Platten wurden einer Vorprüfung nach DIN 4102 und DIN 53 436 unterzogen. Die DIN 4102 richtet sich auf die brandtechnische Prüfung im Brandschacht bzw. Ofenversuche. DIN 53 436 betrifft die Rauch- und Schwelgasentwicklung bei Brandbelastung.

Dabei wurden folgende Ergebnisse erzielt:

maximale Temperaturerhöhung im Ofen bei 750° C,
Durchschnittswert von drei Messungen: 32° C
(maximal zulässiger Grenzwert: +50° C).
Im Brandschacht betrug
die Flammenhöhe 50 cm (maximaler Grenzwert 65 cm)
Restlänge: 40 cm (Grenzwert 35 cm)
Rauchgastemperatur: 105° C (Grenzwert 125° C)
Rauchgasdichte: sehr gering, kein Nachbrennen, kein Nachglimmen
Rauchgasdichte: XP2 Kammer 2% (Grenzwert 15%)
Schwelgase nach DIN 53 436, 0,01 Vol.-% (Grenzwert 0,04 Vol.-%).

Die Erfindung wird nun anhand von Beispielen noch näher erläutert.

Beispiel 1

A-Komponente:

Harz- und Füllstoffe		
Phenolresol	14,7 Gew.-%	
Furfurylalkohol	11,5 Gew.-%	
Stabilisator	1,0 Gew.-%	
Aluminiumhydroxid	48,5 Gew.-%	
Borsäure	12,5 Gew.-%	
Natriumtetraborat	2,5 Gew.-%	
Kryolith	8,3 Gew.-%	
Kupferoxid	1,0 Gew.-%	
	100,0 Gew.-%	

Reaktionsgemisch:

100 Gew.-Teile	A-Komponente	
3-6 Gew.-Teile	Treibmittel (Trichlortrifluoräthen)	
17 Gew.-Teile	Härtergemisch	50,0 Gew.-% Phosphorsäure
		15,0 Gew.-% Borfluorwasserstoffsäure
		5,5 Gew.-% Toluolsulfosäure
		29,5 Gew.-% Wasser

Man erhält einen Hartschaum mit je nach zugegebener Treibmittelmenge variablen Rohdichten von 100-350 kg/m³, welcher sich durch deutlich gesenkte toxische Anteile im Schmelgas auszeichnet.

Beispiel 2

A-Komponente:

(Harz- und Füllstoffe)	Phenolresol	15,7 Gew.-%
	Furfurylalkohol	12,5 Gew.-%
	Stabilisator	1,0 Gew.-%
	Aluminiumhydroxid	36,0 Gew.-%
	Borsäure	13,0 Gew.-%
	Natriumtetraborat	2,6 Gew.-%
	Kryolith	17,2 Gew.-%
	Kupferoxid	2,0 Gew.-%
		100,0 Gew.-%

Reaktionsgemisch:

100 Gew.-Teile	A-Komponente
4 Gew.-Teile	Treibmittel (Trichlortrifluoräthen)
17 Gew.-Teile	Härtergemisch (wie in Beispiel 1)

Man erhält einen Hartschaum mit einer Rohdichte um 100 kg/m³, welcher bei Brandbelastung infolge Sinterung der Füllstoffteilchen seine Struktur behält.

Beispiel 3

A-Komponente:

Phenolresol	14,7 Gew.-%
Furfurylalkohol	11,5 Gew.-%
Stabilisator	1,0 Gew.-%
Aluminiumhydroxid	48,5 Gew.-%
Borsäure	12,5 Gew.-%
Zinkborat	2,5 Gew.-%
Kryolith	8,3 Gew.-%
Kupferoxid	1,0 Gew.-%
	100,0 Gew.-%

Reaktionsgemisch:

100 Gew.-Teile	A-Komponente
4 Gew.-Teile	Treibmittel (Trichlortrifluoräthen)
17 Gew.-Teile	Härtergemisch
	50,0 Gew.-% Phosphorsäure
	15,0 Gew.-% Borfluorwasserstoffsäure
	5,5 Gew.-% p-Toluolsulfosäure
	29,5 Gew.-% Wasser

Man erhält einen Hartschaum, welcher sich durch verlängerte Startzeit (das ist die Zeit zum Einsetzen der exothermen Reaktion) und Steigzeit auszeichnet.

Beispiel 4

A-Komponente:

(Harze und Füllstoffe)	Phenolresol	14,7 Gew.-%	
	Furfurylalkohol	11,5 Gew.-%	
	Stabilisator	1,0 Gew.-%	10
	Aluminiumhydroxid	40,0 Gew.-%	
	Bentonit	8,5 Gew.-%	
	Borsäure	12,5 Gew.-%	15
	Natriumtetraborat	2,5 Gew.-%	
	Kryolith	8,3 Gew.-%	
	Kupferoxid	1,0 Gew.-%	
		<u>100,0 Gew.-%</u>	20

Man erhält mit demselben Reaktionsgemischansatz, wie bei Beispiel 3 angegeben, einen Hartschaum, welcher bei hoher Temperatureinwirkung infolge erhöhter Wasserdampfbarriere der Brandbelastung länger widersteht.

Beispiel 5

A-Komponente:

(Harze und Füllstoffe)	Phenolresol	14,7 Gew.-%	30
	Furfurylalkohol	11,5 Gew.-%	
	Stabilisator	1,0 Gew.-%	
	Aluminiumhydroxid	38,5 Gew.-%	
	Perlite	10,0 Gew.-%	35
	Borsäure	12,5 Gew.-%	
	Natriumtetraborat	2,5 Gew.-%	
	Kryolith	8,3 Gew.-%	
	Kupferoxid	1,0 Gew.-%	40
		<u>100,0 Gew.-%</u>	

Das Reaktionsgemisch unter denselben Bedingungen, wie vorher beschrieben, ergibt einen Hartschaum, welcher bei Raumgewichten um 100 kg/m³ höhere Druckfestigkeiten aufweist, als Füllstoffgemische ohne diese Zusätze erzielen.

Vergleichsbeispiel (nach Beispiel 4 von DE-PS 28 25 295 mit 500 kg/m³ Raumgewicht)

Zusammensetzung des Systems:

Phenolharz	12,8 Gew.-%	
Furfurylalkohol	12,8 Gew.-%	
Äthanol	1,3 Gew.-%	
Butanol	1,3 Gew.-%	55
Butylglykol	1,9 Gew.-%	
Paraformaldehyd	1,9 Gew.-%	
Epoxyharz	0,4 Gew.-%	
Polyesterharz	0,3 Gew.-%	
Aluminiumhydroxid	64,3 Gew.-%	60
Fasern	0,4 Gew.-%	
SiO ₂	2,6 Gew.-%	
	<u>100,0 Gew.-%</u>	

Das Verhältnis organische Substanzen/anorganische Stoffe beträgt hier 1 : 2,06, ein Wert, der erfahrungsgemäß zu wesentlich höheren Heizwerten führt als die Nichtbrennbarkeit entsprechend DIN 4102 zuläßt. Ermittelt man das gleiche Verhältnis im ausgehärteten Zustand, verschleibt sich dieser Wert sogar zu 1 : 1,60.

Nach dieser Rezeptur nachgearbeitete Proben zeigen Viskositätswerte, welche wegen der sehr hohen Zähigkeit der sogenannten A-Komponente mit Mühe Schäume vom Raumgewicht an die 500 kg/m³ ergeben.

Überdies entwickelt sich bei Belastung bei Schweltemperatur sehr viel Schwefeldioxid – soviel, daß im Kondensat (Wasser) im Abkühlrohr der Verschwelungsapparatur (DIN 53 436) eine übermäßig große Säurereaktion festzustellen ist.

Dieser hohe Schwefeldioxidgehalt im Schwelgas ist auch die Ursache für die gemessenen CO-Konzentrationen in der Inhalationskammer (Rattentest). Dieser betrug in dem hier angeführten Beispiel 0,13 Vol.-% (0,04 Vol.-% ist der erlaubte Maximalwert).

Dieses Schwelgas ist somit als ausgesprochen toxisch anzusehen.

Das Vergleichsbeispiel zeigt die Nachteile des bekannten Werkstoffes besonders deutlich.

Alle nach den zuvor aufgeführten Beispielen hergestellten Hartschäume benötigen vor Belastung eine Reifezeit von etwa 7 Tagen. Erst dann ist eine vollständige Durchhärtung der Zellstruktur durch Quervernetzung gewährleistet.

Die in den Beispielen beschriebenen Ansätze lassen sich mit üblichen Komponenten-Dosier- und -Mischmaschinen verarbeiten, denn durch die erfindungsgemäße Zusammensetzung ist die Viskosität des flüssigen Systems gegenüber den bekannten Systemen mit höheren Füllstoffgehalten erniedrigt.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65